

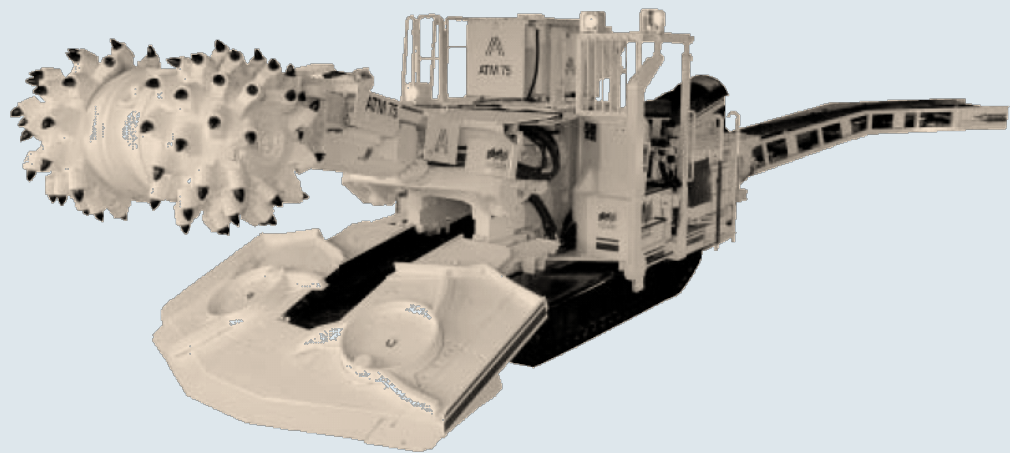
Übungsblock 3

Ermittlung der Vortriebsleistungen einer
Teilschnittmaschine (TSM)

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Arthur SCHÖNWÄLDER

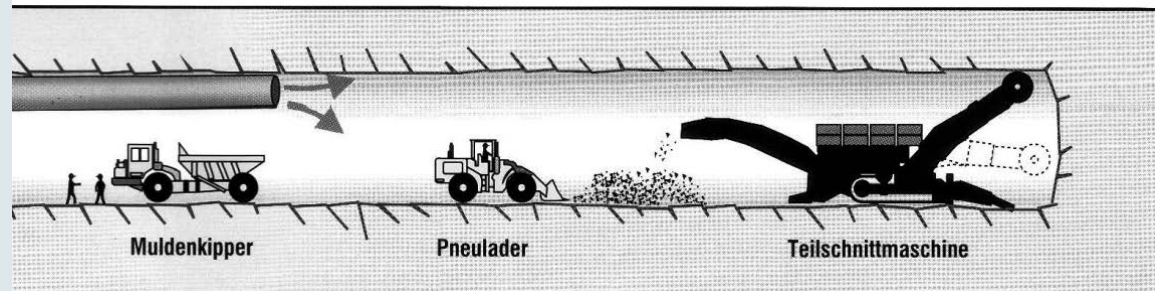
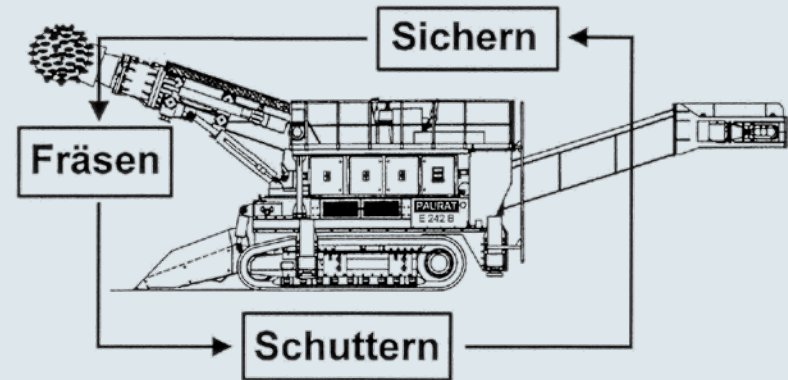
Teilschnittmaschinen (TSM)

- Theorie
- Ausschreibungsgrundlagen
- Angebotskalkulation
 - Allgemeines
 - Leistungsermittlung
 - Kostenermittlung
- Ausgabe Beispiel



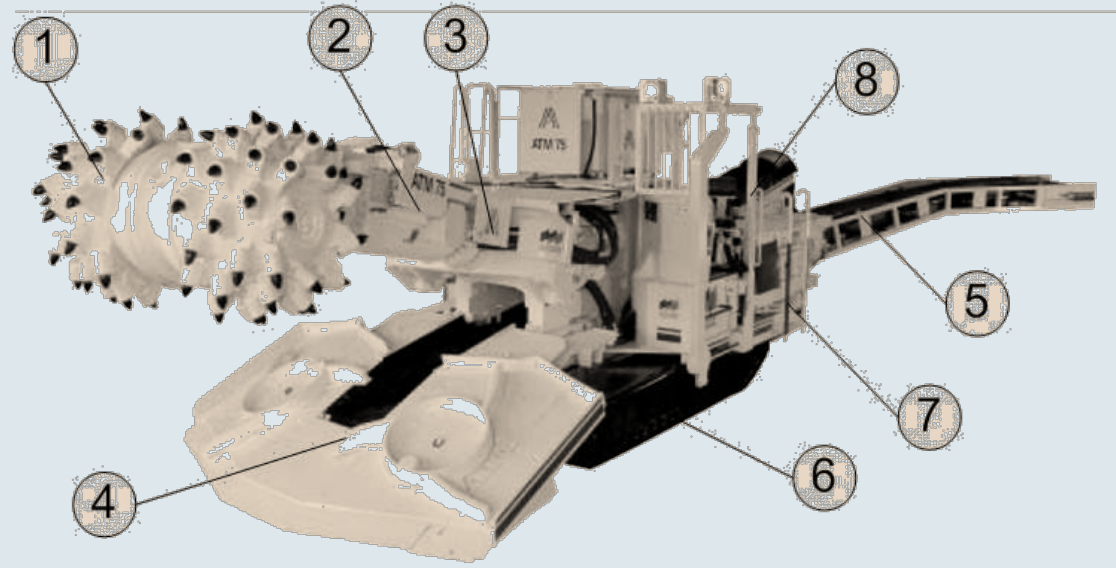
Arbeitsweise einer TSM

- Herstellung des Einbruchs
- Abschrämen der Ortsbrust in Spurstreifen
- Profilierung der Tunnellaibung
- Schutterung
 - Kettenförderer direkt auf Mulde
 - Kettenförderer mit Beladung durch Radlader
- Sicherung

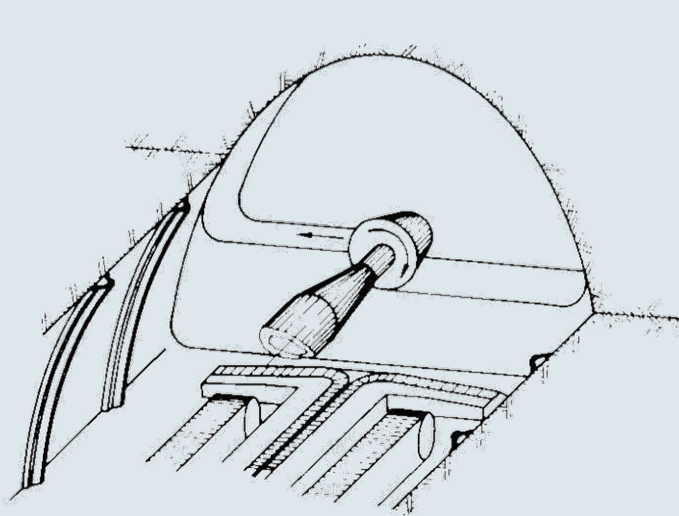


Aufbau einer TSM

1. Schrämkopf
2. Schrärmarm
3. Schwenkwerk
4. Ladevorrichtung
5. Kettenförderer
6. Raupenfahrwerk
7. Elektrische u. hydraulische Ausrüstung
8. Fahrerstand

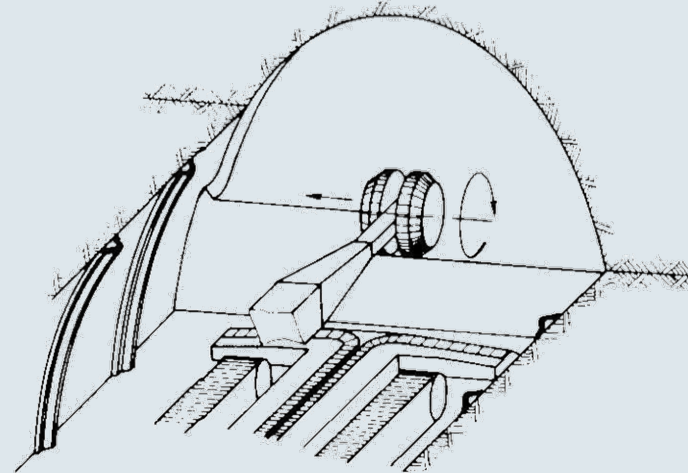


Arten von Schneidköpfen



Längsschneidkopf

- Schwerere Maschinen
- Einfachere Meißelanordnung
- Geringeres Überprofil
- Geringerer Meißelverschleiß



Querschneidkopf

- Höhere Stabilität der TSM
- Unempfindlicher hinsichtlich wechselndem Gestein
- Effiziente Nutzung der Gebirgsschichtungen

Vorteile des TSM-Vortriebs

Gegenüber Sprengvortrieb

- profilgenauer Ausbruch → geringes Überprofil
- gebirgsschonenderes Gesteinslösen
- gleichzeitiges Schneiden und Schuttern möglich
- Möglichkeit der Profilgestaltung

Gegenüber Vortrieb mit Tunnelbohr- bzw. Schildvortriebsmaschinen

- größere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit
- schnelle Umsetzbarkeit
- Vortrieb in Teilquerschnitten möglich
- kurze Mobilisationszeit

Allgemeine Projektinformation

Viergleisiger Ausbau der Westbahn Abschnitt Haag – St. Valentin
(Länge 13,55 km)

Tunnelbauwerk (Siebergtunnel)

- Länge 6.480 m
- Ausbruchsquerschnitt 115,0 - 138,0 m²
- Gefälle von Ost nach West zwischen 0,7-1,0%

Vortriebsklassifizierung nach ÖNORM B 2203-1

- Prognose der Gebirgsverhaltenstypverteilung
- Festlegung von Regelquerschnitt und Abschlagslänge in den Homogenbereichen
- Abschlagslänge
→ 1. Ordnungszahl
- Festlegung der Verteilung der Stützmittel
(nach Art und Umfang)
→ 2. Ordnungszahl

ERSTE ORDNUNGSZAHL	KALOTTE ODER KALOTTE PLUS STROSSE	STROSSE	ZWEITE ORDNUNGSZAHL - STÜTZMITTELZAHL									
			ABSCHLAGSLÄNGE BIS									
			1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
1	Keine Vorgabe	Wird im gegenständlichen Beispiel nicht betrachtet!										
2	4,00 m											
3	3,00 m											
4	2,20 m											
5	1,70 m					5/1,05	5/2,65					
6	1,30 m						6/3,80					
7	1,00 m							7/4,29	7/6,89			
8	0,80 m											
9	0,60 m											

Eingangsparameter

Tunnelvortrieb :	Vortriebsklasse:				
Geologie:	5/1,05	5/2,56	6/3,80	7/4,29	7/6,89
Querschnittsfläche [m ²]:	52,60	53,52	54,81	56,31	58,29
Abschlagslänge [m]:	1,50	1,50	1,15	0,90	0,90
Druckfestigkeit Gebirge aus Bohrkernproben [MPa]:	38 bis 42	32 bis 36	22 bis 26	14 bis 18	8 bis 12
TSM:					
Umstellvorgang der TSM [h]:	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Meißelaustauschzeit in % der reinen Fräszeit:	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Sicherung:					
Zeitaufwand Fräsen [%]:	58,00	50,00	41,00	38,00	27,00
Zeitaufwand Sicherung [%]:	42,00	50,00	59,00	62,00	73,00
Zeitaufwand pro Abschlag [%]:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Leistungsermittlung

- Personaldisposition
- Gerätedisposition
- Tabellen und Formeln zur Leistungsermittlung
- exemplarische Ermittlung der Vortriebsleistung für die VKL 6/3,80

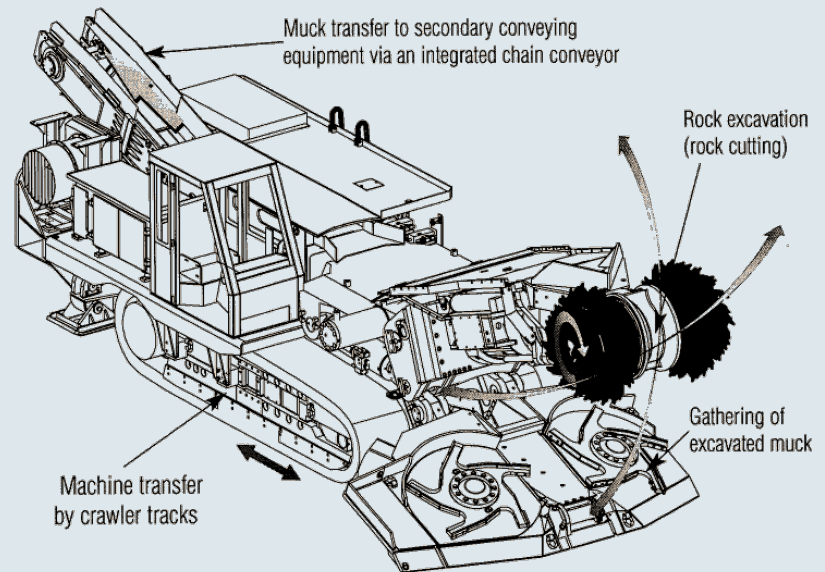
Personaldisposition

<div style="background-color: #e0f0f0; padding: 5px;"> Vortriebsart </div> <div style="background-color: #ffe0e0; padding: 5px;"> Personal </div>	<div style="background-color: #e0f0f0; padding: 5px;"> Vortrieb mit Teilschnittmaschine </div>		
	Kalotte	Strosse	Sohle
Drittelführer:	1	0	0
Gerätefahrer TSM:	1	(1)	(1)
Mineure:	4	4	4
Elektriker:	1	0	0
Schlosser:	1	0	0
Σ Mannschaft:	8	4	4

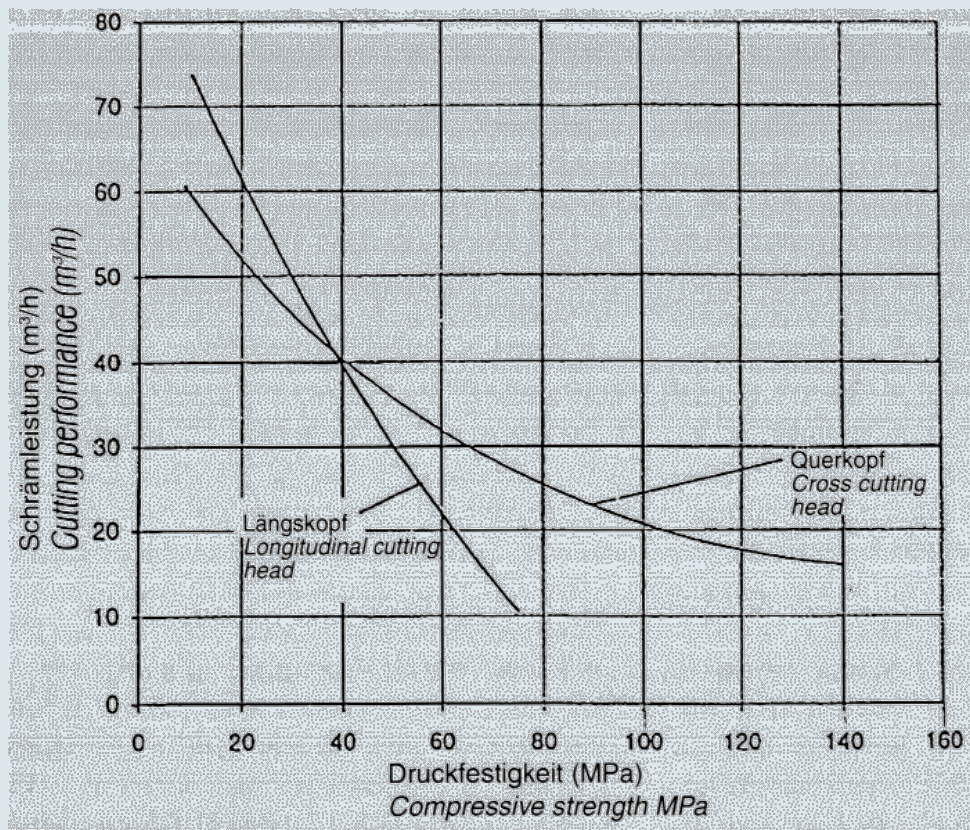
Gerätedisposition

Gerätedaten Alpine Tunnel Miner ATM 75:

Gewicht:	55 – 58 to
Höhe:	2.560 mm
Länge:	15.300 mm
Breite (inkl. Ladetisch):	3.500 mm
installierte Motorleistung (gesamt):	349 kW
Schrämmotor:	200 kW
max. Schrämpfprofil (Teleskop ausgefahren):	30 m ²
max. Schrämhöhe:	5.060 mm
max. Schrämbreite:	7.600 mm
Unterschnitt:	280 mm



Tabellen und Formeln zur Leistungsermittlung



Bruttoschneidleistung (q_{RF}) je nach Schneidkopfausrüstung

Tabellen und Formeln zur Leistungsermittlung

Ermittlung der Fräszeit [h]:

- reine Fräszeit t_{RF} $t_{RF} = Q_{fest} / q_{RF}$
- Umstellzeit t_u $t_u = 0,4 \text{ h pro Abschlag}$
- Meißelaustauschzeit t_M $t_M = f_m \times t_{RF}$

Vortriebsleistung VTKL 6/3,80

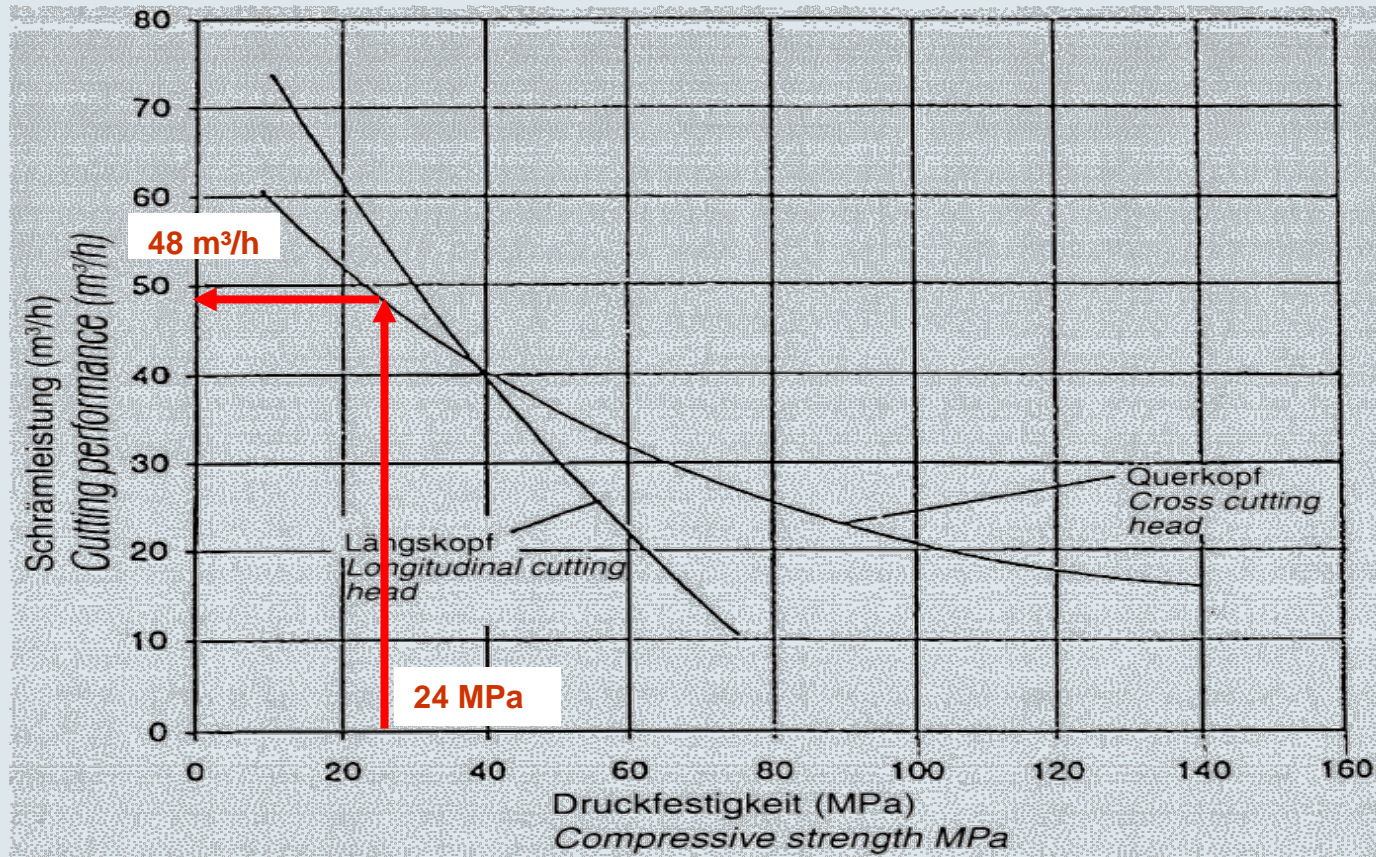
reine Fräszeit t_{RF} :

- Abschlagslänge $a = 1,15 \text{ m}$
- Querschnittsfläche $A = 54,81 \text{ m}^2$
- Ausbruchsvolumen $Q_{fest} = 54,81 \text{ m}^2 \times 1,15 \text{ m} = 63,03 \text{ m}^3_{fest}$

Druckfestigkeit lt. Laborversuchen 22-26 MPa

→ Annahme mittlere Druckfestigkeit 24 MPa

Vortriebsleistung VTKL 6/3,80



$$t_{RF} = Q_{fest} / q_{RF} = 63,03 \text{ m}^3 / 48 \text{ m}^3/\text{h} = 1,31 \text{ h pro Abschlag}$$

Vortriebsleistung VTKL 6/3,80

Umstellzeit t_u :

$$t_u = 0,4 \text{ h pro Abschlag}$$

Meißelaustauschzeit t_m :

$$t_M = f_m \times t_{RF} = 0,10 \times 1,31 = 0,13 \text{ h pro Abschlag}$$

Fräszeit t_F :

$$t_F = t_{RF} + t_U + t_M = 1,31 + 0,4 + 0,13 = 1,84 \text{ h pro Abschlag}$$

Vortriebsleistung VTKL 6/3,80

Sicherungsarbeiten t_S :

kalkulative Annahme:

Verhältnis Fräszeit zu Sicherungszeit 41 : 59

$$t_S = 1,84 \times 59/41 = 2,65 \text{ h pro Abschlag}$$

Gesamtdauer t_G :

$$t_G = t_F + t_S = 1,84 + 2,65 = 4,49 \text{ h pro Abschlag}$$

Vortriebsleistung VTKL 6/3,80

Ermittlung der Vortriebsleistung:

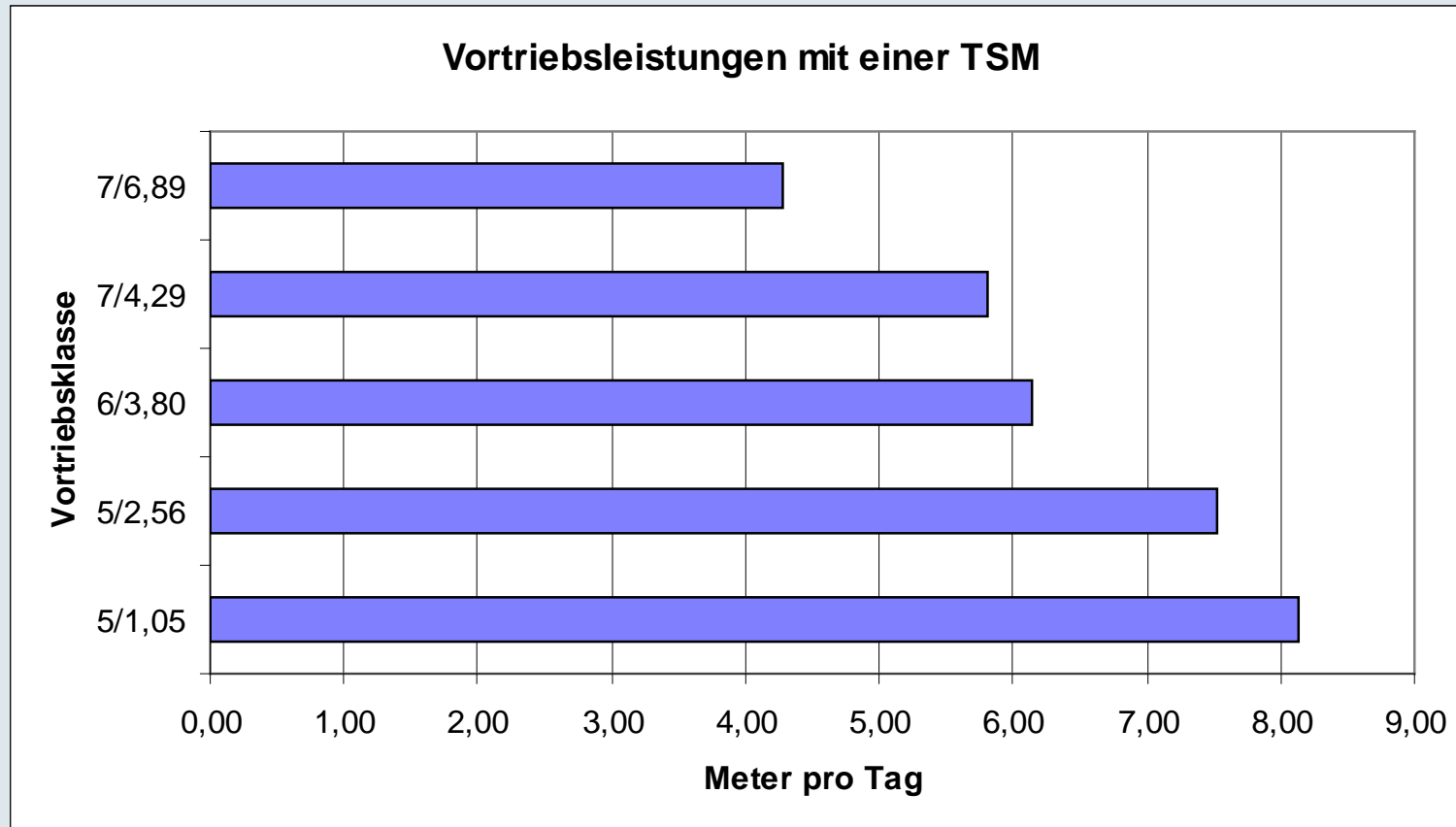
- Zeitbedarf pro Abschlag 4,49 h
- Abschlüge pro Arbeitstag (AT) $24,0 \text{ h} / 4,49 \text{ h} = 5,34 \text{ Abschlüge/AT}$
- Abschlagslänge 1,15 m/Abschlag
- Vortriebsleistung pro Arbeitstag

$$5,34 \text{ Abschlüge/AT} * 1,15 \text{ m/Abschlag} = 6,14 \text{ m/AT}$$

Vortriebsleistungen

		VORTRIEBSKLASSE					Anmerkung	
		5/1,05	5/2,56	6/3,80	7/4,29	7/6,89		
Ausbruchslänge	m	1,50	1,50	1,15	0,90	0,90	Eingangsparameter	
Querschnittsfläche	m ²	52,60	53,52	54,81	56,31	58,29	Eingangsparameter	
Druckfestigkeit Gebirge	MPa	40	34	24	16	10	Eingangsparameter	
Reine Fräszeit								
$Q_{\text{fest}} =$	m ³	78,90	80,28	63,03	50,68	52,46	Berechnung	
$q_{\text{RF}} =$	m ³ /h	40	44	48	55	60	Berechnung	
$t_{\text{RF}} = Q_{\text{fest}} / q_{\text{RF}} =$	h	1,97	1,81	1,31	0,92	0,87	Berechnung	
Umstellzeit								
$t_{\text{U}} =$	h	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	Eingangsparameter	
Meißelaustauschzeit								
$f_{\text{m}} =$	10%							Eingangsparameter
$t_{\text{M}} = f_{\text{m}} * t_{\text{RF}} =$	h	0,20	0,18	0,13	0,09	0,09	Berechnung	
Fräszeit								
$t_{\text{F}} =$	h	2,57	2,39	1,84	1,41	1,36	Berechnung	
in % der Gesamtdauer		58%	50%	41%	38%	27%	Eingangsparameter	
Sicherungsarbeiten								
$t_{\text{S}} =$	h	1,86	2,39	2,65	2,31	3,68	Berechnung	
in % der Gesamtdauer		42%	50%	59%	62%	73%	Eingangsparameter	
Gesamtdauer								
$t_{\text{G}} =$	h	4,43	4,78	4,50	3,72	5,04	Berechnung	
		100%	100%	100%	100%	100%		
Vortriebsleistung								
$P_{\text{V}} =$	m/AT	8,13	7,53	6,14	5,81	4,28	Berechnung	

Vortriebsleistungen



Ermittlung des Schutterkonzeptes

Gerätedisposition

- Tunnelradlader
 - Schaufelinhalt 2,10 – 2,70 m³
 - ÖBGL-Nr. H.5.52.0150
- Muldenkipper Atlas Copco MT 2000
 - Motorleistung [kW] 224
 - Muldeninhalt [m³] 6,7/8,5/10,8/12,5
 - Leergewicht [t] 19,3
 - Nutzlast [t] max. 20,0
 - Gesamtgewicht [t] 39,3

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Ermittlung der Geräteleistung des Radladers

Y-Schleife zwischen TSM und Transportgerät (Muldenkipper) mit einer Länge von ca. 80m

Hinfahrt zum Ausbruchsmaterial (leer, $v=12$ km/h)	=	0,40 min
Laden (Abschätzung)	=	0,25 min
Rückfahrt zum Transportgeräte (voll, $v=8$ km/h)	=	0,60 min
Entladen (Abschätzung)	=	0,17 min

Zykluszeit Radlader **1,42 min**

Ladespiele pro Stunde	=	42,25 LS/h
gewählte Ladespiele pro Stunde	=	42,00 LS/h
erforderl. Schaufelgröße: $48 \text{ m}^3/\text{h} * 1,65 / (42 \text{ LS/h} * 0,80)$	=	2,36 m^3

Schaufelfüllfaktor 80%

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Ermittlung der Geräteleistung des Radladers

Gewähltes Gerät: AC MT 2000 mit 10,80 m³ Muldeninhalt

10,80 m³ Muldeninhalt / (2,40 m³ Schaufelinhalt * 0,80) = 5,6 LS/Mulde

Optimale Ladespielanzahl liegt zw. 4-6 LS → ok!

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Ermittlung der Geräteleistung des Radladers

Erforderliche Massenabfuhr	$48 \text{ m}^3/\text{h} * 1,65$	=	$79,2 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h}$
Lagerungsdichte		=	$2,65 \text{ to}/\text{m}^3$
Schüttdichte		=	$1,61 \text{ to}/\text{m}^3$
Auflockerungsbeiwert		=	$1,65$
Ladespiele pro Stunde		=	$42,00 \text{ LS}/\text{h}$
Ladespiele pro Minute	$42 \text{ LS}/\text{h} / 60 \text{ min}/\text{h}$	=	$0,70 \text{ LS}/\text{min}$
Schaufelinhalt		=	$2,40 \text{ m}^3$
Ladeleistung	$42 \text{ LS}/\text{h} * 2,40 \text{ m}^3/\text{LS} * 0,80$	=	$80,64 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h}$
Stehzeitbedingung	$80,64 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h} / 1,65$	=	$48,87 \text{ m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$

Ladeleistung ($48,87 \text{ m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$) > Abbauleistung ($48,00 \text{ m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$)

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Ermittlung der Geräteleistung der Muldenkipper

mittlere Transportweite = Tunnellänge/2 + Distanz Portal-Zwischendeponie
 = 6.480 m / 2 + 260 m = **3.500 m**

Beladen: $10,80 \text{ m}^3 / (2,40 \text{ m}^3 * 0,80) \rightarrow 6 \text{ LS} * 1,43 \text{ min/LS}$	=	8,57 min
Hinfahrt (voll, $v=20\text{km/h}$)	=	10,50 min
Entladen	=	2,00 min
Rückfahrt (leer, $v=35\text{km/h}$)	=	6,00 min
Zykluszeit Mulde	=	27,07 min

Kontrolle: $6 \text{ LS} * 2,40 \text{ m}^3 * 0,80 * 1,61 \text{ to/m}^3 = 18,5 \text{ to} < 20,0 \text{ to}$

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Bestimmung der erforderlichen Anzahl an Muldenkippern:

Bestimmung der notwendigen Anzahl an Mulden

Umlaufzeit einer Mulde (Hinfahrt, Entladen, Rückfahrt) = 18,50 min

Beladezeit = 8,57 min

Muldenanzahl = Umlaufzeit/Beladezeit + 1 = 3,16 Stk.

→ Es sind 4 knickgelenkte Muldenkipper Atlas Copco MT 2000 notwendig!

Schutterkonzept in VTKL 6/3,80

Nachweis der Stehzeitbedingung des „Schlüsselgerätes“ Radlader bzw. TSM

$$n \times Q_{tr} \geq Q_{la}$$

n ... Anzahl der Transportfahrzeuge

Q_{tr} ... Leistung des Transportfahrzeuges

Q_{la} ... Leistung des Ladegerätes

$$Q_{tr} = 60 \text{ min/h} : 27,1 \text{ min/Umlauf} \times 10,80 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{Mulde} = 23,9 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h und Mulde}$$

$$n = 4 \text{ Mulden}$$

$$Q_{tr} \text{ (siehe oben)} = 95,6 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h}$$

⇒ theor. Verfuhrleistung Mulden **95,6 m³_{lose}/h** > Ladeleistung Radlader **80,6 m³_{lose}/h**

> Fräsleistung TSM **79,2 m³_{lose}/h**

Kostenermittlung

Kalkulationsgrundlagen für den Mehrschichtbetrieb

- Berechnung von Abschreibung und Verzinsung

- Abschreibung

Abschreibung [€/Mo] = $NW / \text{Vorhaltemonate} * \text{Abminderung} * \text{ZMSF}$

Abminderung ÖBGL 2009 = 0,70

ZMSF = $3 * 172 \text{ h/Mo}_S * \text{z.B. } 41\%_{(6/3,80)} / 172 \text{ h/Mo}_R$ = 1,23

- Verzinsung

Verzinsung [€/Mo] = $(NJ * NW * \text{Zinssatz}) / (2 * \text{Vorhaltemonate}) * \text{Abminderung}$

- Berechnung des Reparaturentgelts

Reparaturentgelt [€/Mo] = $NW * \text{monatl. Rep.Satz} * \text{Abminderung} * \text{ZMSF} * \text{RMSF}$

monatl. Reparatursatz lt. ÖBGL

Abminderung ÖBGL 2009 = 0,80

RMSF = 1,10

Kostenermittlung

Kalkulationsgrundlagen für den Mehrschichtbetrieb

$$\text{Betriebskosten [€/h]} = \text{Geräteleistung [kW]} * \text{Treibstoffverbrauch [l/kWh]} \\ * \text{Treibstoffkosten [€/l]} * \text{SMF} * \text{BStVF}$$

SMF Schmiermittelfaktor

BStVF Betriebsstoffverbrauchsfaktor

Kostenermittlung

ÖBGL-Nr.: H.2.00.2040
Gerät: Teilschnittmaschine Querschneidkopf mit Ladetisch und Kettenf. (ATM 75)

charakt. Wert: **349 kW inst. Leistung**
Neuwert: 1.361.000 €
Nutzungsjahre: 6 Jahre
Vorhaltemonate: 35 Monate
monatl. Satz f. Rep.: 2,7%

$$ZMSF = 3 \times 172 \text{ h/Mo}_S \times 0,41 : 172 \text{ h /Mo}_R$$

$$= 3 \times 172 \times 0,41$$

(Zeitaufwand Fräsen)

Abschreibung:	$(1.361.000/35) \times 0,70 \times 1,23$	=	33.480,60 €/Mo
Verzinsung:	$(1.361.000 \times 6 \times 0,065) / (2 \times 35) \times 0,70$	=	5.307,90 €/Mo
Reparatur:	$1.361.000 \times 0,027 \times 0,80 \times 1,23 \times 1,10$	=	39.774,95 €/Mo
Betriebsstoffe:	$349 \times 0,22 \times 1,15 \times 1,40 \times 212$	=	15.878,10 €/Mo
Σ:	SMF + BStVf + RMSF		94.441,55 €/Mo
Umlage auf 1 Leistungsstunde:	$94.441,55 / 212$	=	446,41 €/h
Lohnkosten:	$42,5 \times 1,10$	=	46,75 €/h
Σ:	Schmierstunde		493,16 €/h

TSM - Kosten pro m³-Fräsbetrieb:

$493,16 \text{ €/h} : 79,2 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h}$	=	$6,23 \text{ €/m}^3_{\text{lose}}$
$493,16 \text{ €/h} : 48,0 \text{ m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$	=	$10,27 \text{ €/m}^3_{\text{fest}}$

Kostenermittlung

ÖBGL-Nr.:	H.5.52.0150		
Gerät:	Tunnelradlader		
charakt. Wert:	150 kW Motorleistung		
Neuwert:	239.500 €		
Nutzungsjahre:	4 Jahre		
Vorhaltemonate:	35 Monate		
monatl. Satz f. Rep.:	2,2%		
Abschreibung:	$(239.500/35)*0,70*1,23$	=	5.891,70 €/Mo
Verzinsung:	$(239.500*4*0,065)/(2*35)*0,70$	=	622,70 €/Mo
Reparatur:	$239.500*0,022*0,80*1,23*1,10$	=	5.703,17 €/Mo
Betriebsstoffe:	$150*0,20*1,40*1,15*0,85*212$	=	8.685,60 €/Mo
Σ:			20.903,16 €/Mo
Umlage auf 1 Leistungsstunde:	$20.903,16/212$	=	98,80 €/h
Lohnkosten:	$42,5*1,10$	=	46,75 €/h
Σ:			145,55 €/h

Kostenermittlung

ÖBGL-Nr.:	H.5.61.0135		
Gerät:	Muldenhinterkipper für Tunnel- und Stollenbau		
charakt. Wert:	20t Nutzlast		
Neuwert:	212.500 €		
Nutzungsjahre:	4 Jahre		
Vorhaltemonate:	45 Monate		
monatl. Satz f. Rep.:	2,2%		
Abschreibung:	$(212.500/45)*0,70*1,23$	=	4.065,83 €/Mo
Verzinsung:	$(212.500*4*0,065)/(2*45)*0,70$	=	429,72 €/Mo
Reparatur:	$212.500*0,022*0,80*1,23*1,10$	=	5.060,22 €/Mo
Betriebsstoffe:	$135*0,20*1,40*1,15*0,85*212$	=	7.817,04 €/Mo
Σ:			17.372,81 €/Mo
Umlage auf 1 Leistungsstunde:	$17.372,81/212$	=	82,12 €/h
Lohnkosten:	$42,5*1,10$	=	46,75 €/h
Σ:			128,87 €/h

Kosten pro m³-Schutterbetrieb:

$(145,55 \text{ €/h} + 4 * 128,87 \text{ €/h}) : 79,2 \text{ m}^3_{\text{lose}}/\text{h}$	=	8,35 €/m ³ _{lose}
$(145,55 \text{ €/h} + 4 * 128,87 \text{ €/h}) : 48,0 \text{ m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$	=	13,77 €/m³_{fest}

Kostenermittlung

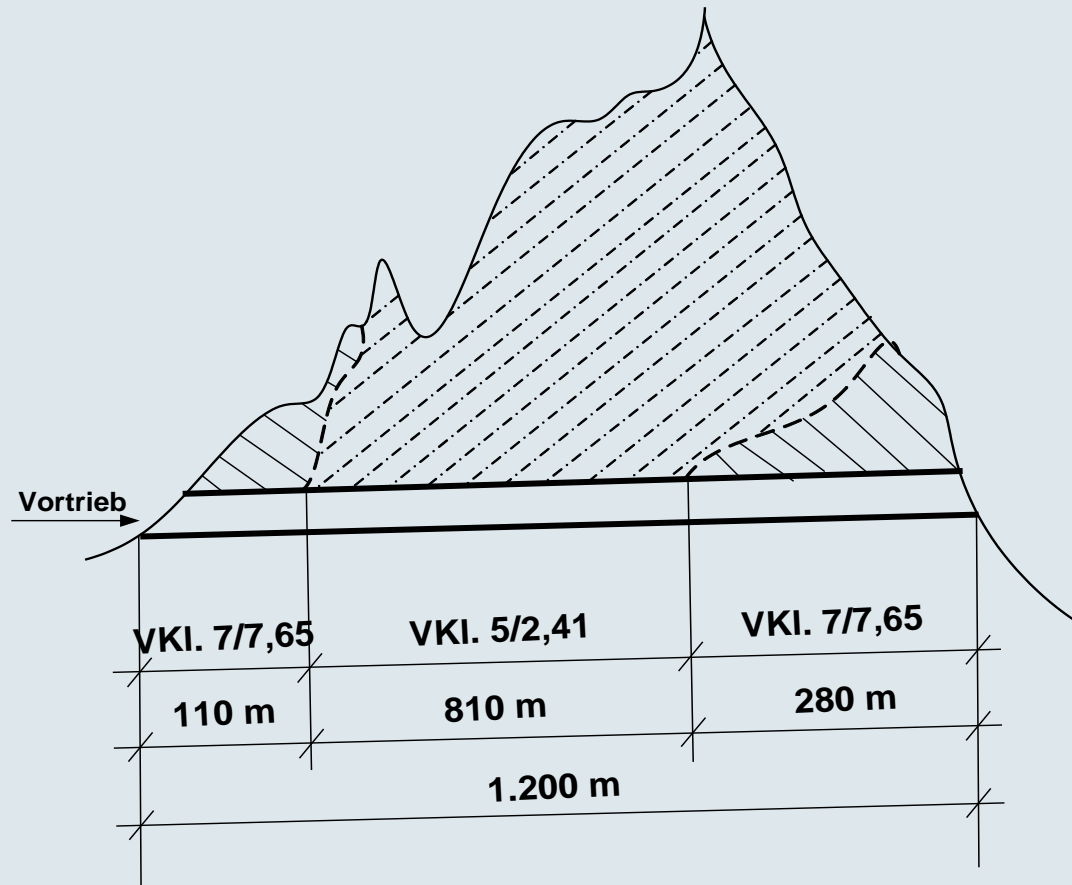
Kostenzusammenstellung VTKL 6/3,80

Geräte- und Personalkosten für den Fräs- und Schutterbetrieb:

Kosten pro m ³ -Fräsbetrieb	=	10,27 €/m ³ _{fest}
Kosten pro m ³ -Schutterbetrieb	=	13,77 €/m ³ _{fest}
anteilige Personalkosten (2 Mann * 42,5 €/h / 48,0 m ³ _{fest} /h)	=	1,77 €/m ³ _{fest}
Summe Kosten pro m³ Fräs- und Schutterbetrieb	=	25,82 €/m³_{fest}

Übungsaufgabe 3

Angabe



Übungsaufgabe 3

Aufgabenstellung

- Ermittlung der Vortriebsleistungen (beider VTKL)
- Konzeption des wirtschaftlich optimalen Schutterkonzeptes
- Auswahl und Begründung der gewählten Variante
- Ermittlung der Geräte und Personalkosten für den mittleren Tunnelabschnitt



Abgabe der Übungsaufgabe: bis 07.11.2013